

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26247026

研究課題名(和文) 超広帯域ミリ波分光システムによる銀河面分子雲のガス診断

研究課題名(英文) Detailed study of molecular gas along the Galactic Plane with ultra-wideband mm observations

研究代表者

大西 利和 (Onishi, Toshikazu)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30314058

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ミリ波スペクトルの広域観測を推進し、微量分子放射の強度分布と、分子ガスの密度・温度・星形成活動との関連を統計的に調べ、巨大分子雲の物理状態・環境・進化状態を明らかにする。導波管型90度Hybrid Couplerと、帯域通過フィルターなどの「周波数特性を持つ反射壁」を組み合わせて実現する導波管型の帯域分離フィルターを用いて、広範な周波数帯域を観測可能な分光システムを開発し、1.85m電波望遠鏡に搭載し、様々な微量分子の観測に成功した。銀河面の観測結果と比較すべく、ALMA望遠鏡をもちいた大小マゼラン雲での巨大分子雲の観測的研究も進めた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aim to carry out extensive observations of millimeter wave molecular lines in order to reveal the physical properties and the evolutionary status of giant molecular clouds by statistically investigating the distribution of trace molecules in terms of the density, temperature, the star formation activities, and so on. We developed a spectroscopic system capable of observing a wide frequency band using a waveguide type 90 degree Hybrid Coupler and a waveguide type band separation filter. This system was installed on a 1.85 m radio telescope and succeeded in observations of various trace molecules. In order to compare with the observation result of the galactic plane, we also carried out an observational study of giant molecular clouds in the Magellanic Clouds by using ALMA telescope.

研究分野：数物系科学

キーワード：電波天文学 巨大分子雲 1.85m電波望遠鏡 ALMA

## 1. 研究開始当初の背景

星の大部分は巨大分子雲の中で形成されていると考えられており、その物理的状態・進化を明らかにすることは銀河の進化を解明する上で極めて重要である。巨大分子雲は銀河の中で例えば銀河差動回転の影響や分子雲衝突等により形成され、その中で生まれた大質量星からの星風、紫外線および超新星爆発による分子ガス雲の散逸と圧縮等の影響を受け様々に進化する。分子ガスの分布を調べるため、強度の強い回転遷移  $J=1-0$  の  $^{12}\text{CO}^{16}\text{O}$  輝線 (今後  $\text{CO}(J=1-0)$ ) が広域観測の手段として用いられ、銀河系ではコロンビア大学や名古屋大学のグループにより、銀河面全域の観測が行われてきた。我々のグループでは、 $J=2-1$  の回転遷移で一酸化炭素分子同位体 3 種の同時観測による広域観測の実現に成功し、銀河面広域にわたる分子ガスの温度・密度等の性質を明らかにしつつある。

最近の ALMA をはじめとする大口径望遠鏡の観測により、近傍銀河の巨大分子雲スケールの分解能での高分解能観測が可能となってきた。これにより、巨大分子雲自体を十分に空間分解することはまだ難しいが、個々の巨大分子雲ごとに様々な分子回転遷移放射が観測されはじめた。その結果、銀河中心核から離れたアーム上の巨大分子雲においても  $\text{HCO}^+$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CN}$  等の強度が非常に強く観測され、星形成の活発さにそれほど依存していない。この結果は、これらの微量分子からのスペクトルは巨大分子雲全体と比較すると非常に体積の小さい分子雲コアのみから放射されているわけではなく、巨大分子雲全域にわたって放射が存在していることが示唆される。また、銀河系内の超新星残骸や、銀河系中心方向に近い分子雲でも広がった  $\text{HCO}^+$  放射等が確認されはじめた。星形成領域に近い分子雲コア領域等での微量分子の存在量等の詳細な理論研究は数多く存在するが、これらの広がった放射の起源についてはその理論的な研究もまだほとんど存在していない。また、これらの分子スペクトルは広い周波数範囲にわたって分布しており、すべてを観測するためには何度も受信機の設定を再調整する必要があり、これが均質で安定したデータの取得を困難にしてきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、様々な微量分子からのミリ波スペクトルの広域観測を推進し、微量分子放射の強度分布と、分子ガスの密度・温度・星形成活動との関連を統計的に調べ、巨大分子雲の物理状態・環境・進化状態を明らかにする。そのために 1.85m 電波望遠鏡を使用して、様々な回転分子スペクトルを用いた銀河系内の巨大分子雲の、観測を遂行する。これを実現するため、比帯域 30% (32GHz) に及ぶ周波数帯域を、一度に観測可能な分光システムを開発する。導波管回路 (偏波分離フィルター、帯域分離フィルター) を駆使することにより、

広帯域分光観測で常に問題になる calibration の不定性を原理的に低減できることが大きな特長である。最近の ALMA 等の観測により、CO 以外の微量分子も巨大分子雲スケール全域にわたって存在している可能性が指摘されつつある。微量分子の存在量は環境に大きく依存するため、微量分子存在量は巨大分子雲の環境・進化状態を非常に敏感に反映している可能性が高い。銀河系分子雲の広域観測によりその特長を明らかにし、最終的には、ALMA 等で観測されつつある近傍銀河の巨大分子雲のプロープとして適応し、銀河の進化を探る道筋を得たい。

## 3. 研究の方法

本研究では、銀河面分子ガスの密度・温度等の物理量を得るために、1.85m 電波望遠鏡を用いて、 $^{12}\text{CO}(2-1)$ ,  $^{13}\text{CO}(2-1)$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}(2-1)$  での広域観測を継続する。それと並行して、広帯域分光システムを開発し、 $\text{HCO}^+$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CN}$  等の微量分子放射スペクトルの広域観測を開始する。これらの観測結果と Spitzer, Herschel により得られた銀河面の赤外線-サブミリ波観測結果による星形成活動の分布と比較することにより、巨大分子雲全域にわたり分子ガスの状態を明らかにすることが可能となる。また、ALMA を含む大型望遠鏡での近傍銀河の巨大分子雲研究により、銀河スケールでの分子ガスの振る舞いから、その物理状態・進化状態を明らかにする。これらの研究は、雇用する研究員・連携研究者・研究協力者との開発・研究交流、研究会開催を中心として研究代表者が推進する。

## 4. 研究成果

本研究では、多くの微量分子からのミリ波スペクトルの広域観測を推進し、微量分子放射の強度分布と、分子ガスの密度・温度・星形成活動との関連を統計的に調べ、巨大分子雲の物理状態・環境・進化状態を明らかにする。そのために 1.85m 電波望遠鏡を使用して、様々な回転分子スペクトルを用いた銀河系内の巨大分子雲の、広範囲な観測を遂行する。当初の観測により、想像以上に 230GHz 帯の微量分子からの放射強度が強いことが分かった。配分された予算の枠内で最も研究成果を出せるように、観測周波数、観測ラインの選定を試験観測の結果、SIS 素子の性能等も参考にしつつ議論し、230GHz 帯の微量分子放射の観測が本研究の目的を達成する上で最適であるとの結論に達した。

本研究では、広範囲な周波数帯域を一度に観測可能な分光システムを開発する。導波管型 90 度 Hybrid Coupler と、帯域通過フィルター (BPF) などの「周波数特性を持つ反射壁」を組み合わせて実現する導波管型の帯域分離フィルターを用いて、RF の段階で USB, LSB を分離する。広帯域化のために具体的に行ったことは、円偏波分離器により分けられた右旋・左旋両偏波をそれぞれ帯域の異なる導波管型

帯域分離フィルタ に入力することで 4 系統の RF すべてで異なる帯域を取ることが出来る受信機の実現である。これを達成するために、それぞれの RF に対応した 4 つの SIS-Mixer の製作と評価・新常温 IF 信号伝送系の設計と評価を行った。 $^{12}\text{CO}(2-1)$ ,  $^{13}\text{CO}(2-1)$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}(2-1)$  スペクトルだけではなく、 $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{c-C}_3\text{H}_2$ ,  $\text{CS}$  等の微量分子の同時観測が可能な専用の周波数フィルタの設計・製作を行い、受信機雑音温度 80K 程度を達成した。これらを 1.85m 望遠鏡に搭載し、これらの微量分子放射の観測に成功した。開発の一部の結果に関しては、Hasegawa et al. (2017)として論文発表した。また、並行して ALMA 望遠鏡をもちいた大小マゼラン雲での巨大分子雲の観測的研究も進めており、銀河系の巨大分子雲の物理的性質の違い、それが大質量星形成に与える影響等の研究を推進した（主な発表論文を参照）。

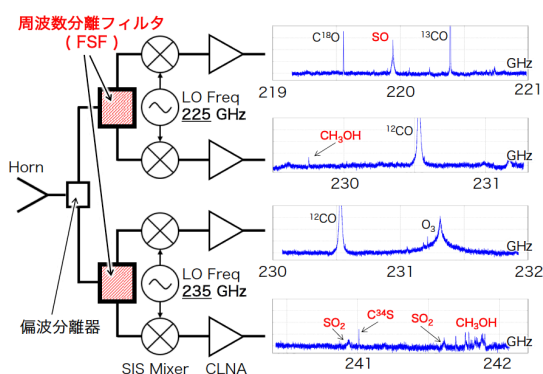


図 1: 作成した受信機システムの概略図 (左) と、このシステムで得られた Orion-KL 方向のスペクトル (右)

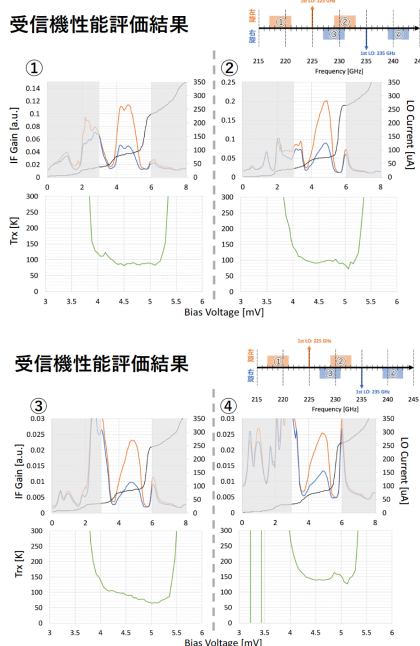


図 2: 作成した受信機システムの性能評価の結果

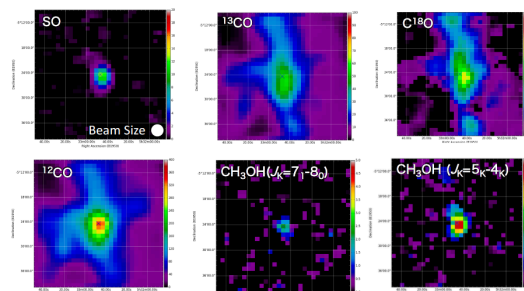


図 3: 作成した受信システムによる Orion-KL 付近の On-the-Fly(OTF)マッピング観測の結果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 27 件)

① Nayak, O., Meixner, M., Fukui, Y., Tachihara, K., Onishi, T., Saigo, K., Tokuda, K., and Harada, R., "Molecular Cloud Structures and Massive Star Formation in N159", *ApJ*, 854, 154, 2018, 10.3847/1538-4357/aaab5f, 査読あり

② Sewilo, M., Indebetouw, R., Charnley, S. B., Zahorecz, S., Oliveira, J. M., van Loon, J. T., Ward, J. L., Chen, C.-H. R., Wiseman, J., Fukui, Y., Kawamura, A., Meixner, M., Onishi, T., and Schilke, P., "The Detection of Hot Cores and Complex Organic Molecules in the Large Magellanic Cloud", *ApJ*, 853, L19, 2018, 10.3847/2041-8213/aaa079, 査読あり

③ Naslim, N., Tokuda, K., Onishi, T., Kemper, F., Wong, T., Morata, O., Takada, S., Harada, R., Kawamura, A., Saigo, K., Indebetouw, R., Madden, S. C., Hony, S., and Meixner, M., "ALMA Reveals Molecular Cloud N55 in the Large Magellanic Cloud as a Site of Massive Star Formation", *ApJ*, 853, 175, 2018, 10.3847/1538-4357/aaa5b0, 査読あり

④ Hasegawa, Y., Asayama, S., Harada, R., Tokuda, K., Kimura, K., Ogawa, H., and Onishi, T., "Observational demonstration of a high image rejection SIS mixer receiver using a new waveguide filter at 230 GHz", *PASJ*, 69, 91, 2017, 10.1093/pasj/psx098, 査読あり

⑤ Wong, T., Hughes, A., Tokuda, K., Indebetouw, R., Bernard, J.-P., Onishi, T., Wojciechowski, E., Bandurski, J. B., Kawamura, A., Roman-Duval, J., Cao, Y., Chen, C.-H. R., Chu, Y.-h., Cui, C., Fukui, Y., Montier, L., Muller, E., Ott, J., Paradis, D., Pineda, J. L., Rosolowsky, E., and Sewilo, M., "ALMA Observations of a Quiescent Molecular Cloud in the Large Magellanic Cloud", *ApJ*, 850, 139, 2017, 10.3847/1538-4357/aa9333, 査読あり

- ⑥ Saajasto, M., Juvela, M., Dobashi, K., Shimoikura, T., Ristorcelli, I., Montillaud, J., Marshall, D. J., Malinen, J., Pelkonen, V.-M., Fehér, O., Rivera-Ingraham, A., Toth, L. V., Montier, L., Bernard, J.-P., and Onishi, T., "Correlation of gas dynamics and dust in the evolved filament G82.65-02.00", *A&A*, 608, A21, 2017, 10.1051/0004-6361/201630005, 査読あり
- ⑦ Muraoka, K., Homma, A., Onishi, T., Tokuda, K., Harada, R., Morioka, Y., Zahorecz, S., Saigo, K., Kawamura, A., Mizuno, N., Minamidani, T., Muller, E., Fukui, Y., Meixner, M., Indebetouw, R., Sewilo, M., and Bolatto, A., "ALMA Observations of N83C in the Early Stage of Star Formation in the Small Magellanic Cloud", *ApJ*, 844, 98, 2017, 10.3847/1538-4357/aa7a0b, 査読あり
- ⑧ Sano, H., Yamane, Y., Voisin, F., Fujii, K., Yoshiike, S., Inaba, T., Tsuge, K., Babazaki, Y., Mitsuishi, I., Yang, R., Aharonian, F., Rowell, G., Filipović, M. D., Mizuno, N., Tachihara, K., Kawamura, A., Onishi, T., and Fukui, Y., "Discovery of Molecular and Atomic Clouds Associated with the Magellanic Superbubble 30 Doradus C", *ApJ*, 843, 61, 2017, 10.3847/1538-4357/aa73e0, 査読あり
- ⑨ Torii, K., Hattori, Y., Hasegawa, K., Ohama, A., Yamamoto, H., Tachihara, K., Tokuda, K., Onishi, T., Hattori, Y., Ishihara, D., Kaneda, H., and Fukui, Y., "A Massive Molecular Outflow in the Dense Dust Core AGAL G337.916-00.477", *ApJ*, 840, 111, 2017, 10.3847/1538-4357/aa6fa8, 査読あり
- ⑩ Nakamura, F., Dobashi, K., Shimoikura, T., Tanaka, T., and Onishi, T., "Wide-field  $^{12}\text{CO}$  ( $J=2-1$ ) and  $^{13}\text{CO}$  ( $J=2-1$ ) Observations toward the Aquila Rift and Serpens Molecular Cloud Complexes. I. Molecular Clouds and Their Physical Properties", *ApJ*, 837, 154, 2017, 10.3847/1538-4357/aa5ea6, 査読あり
- ⑪ Veneziani, M., Schisano, E., Elia, D., Noriega-Crespo, A., Carey, S., Di Giorgio, A., Fukui, Y., Maiolo, B. M. T., Maruccia, Y., Mizuno, A., Mizuno, N., Molinari, S., Mottram, J. C., Moore, T. J. T., Onishi, T., Paladini, R., Paradis, D., Pestalozzi, M., Pezzuto, S., Piacentini, F., Plume, R., Russeil, D., and Strafella, F., "An analysis of star formation with Herschel in the Hi-GAL Survey. II. The tips of the Galactic bar", *A&A*, 599, A7, 2017, 10.1051/0004-6361/201423474, 査読あり
- ⑫ Torii, K., Hattori, Y., Hasegawa, K., Ohama, A., Haworth, T. J., Shima, K., Habe, A., Tachihara, K., Mizuno, N., Onishi, T., Mizuno, A., and Fukui, Y., "Triggered O Star Formation in M20 via Cloud-Cloud Collision: Comparisons between High-resolution CO Observations and Simulations", *ApJ*, 835, 142, 2017, 10.3847/1538-4357/835/2/142, 査読あり
- ⑬ Saigo, K., Onishi, T., Nayak, O., Meixner, M., Tokuda, K., Harada, R., Morioka, Y., Sewilo, M., Indebetouw, R., Torii, K., Kawamura, A., Ohama, A., Hattori, Y., Yamamoto, H., Tachihara, K., Minamidani, T., Inoue, T., Madden, S., Galametz, M., Leboutteiller, V., Chen, C.-H. R., Mizuno, N., and Fukui, Y., "Kinematic Structure of Molecular Gas around High-mass YSO, Papillon Nebula, in N159 East in the Large Magellanic Cloud: A New Perspective with ALMA", *ApJ*, 835, 108, 2017, 10.3847/1538-4357/835/1/108, 査読あり
- ⑭ Takekoshi, T., Minamidani, T., Komugi, S., Kohno, K., Tosaki, T., Sorai, K., Muller, E., Mizuno, N., Kawamura, A., Onishi, T., Fukui, Y., Ezawa, H., Oshima, T., Scott, K. S., Austermann, J. E., Matsuo, H., Aretxaga, I., Hughes, D. H., Kawabe, R., Wilson, G. W., and Yun, M. S., "The 1.1 mm Continuum Survey of the Small Magellanic Cloud: Physical Properties and Evolution of the Dust-selected Clouds", *ApJ*, 835, 55, 2017, 10.3847/1538-4357/835/1/55, 査読あり
- ⑮ Lee, M.-Y., Madden, S. C., Leboutteiller, V., Gusdorf, A., Godard, B., Wu, R., Galametz, M., Cormier, D., Le Petit, F., Roueff, E., Bron, E., Carlson, L., Chevance, M., Fukui, Y., Galliano, F., Hony, S., Hughes, A., Indebetouw, R., Israel, F. P., Kawamura, A., Le Bourlot, J., Lesaffre, P., Meixner, M., Muller, E., Nayak, O., Onishi, T., Roman-Duval, J., and Sewilo, M., "Radiative and mechanical feedback into the molecular gas in the Large Magellanic Cloud. I. N159W", *A&A*, 596, A85, 2016, 10.1051/0004-6361/201628098, 査読あり
- ⑯ Fukui, Y., Torii, K., Ohama, A., Hasegawa, K., Hattori, Y., Sano, H., Ohashi, S., Fujii, K., Kuwahara, S., Mizuno, N., Dawson, J. R., Yamamoto, H., Tachihara, K., Okuda, T., Onishi, T., and Mizuno, A., "The Two Molecular Clouds in RCW 38: Evidence for the Formation of the Youngest Super Star Cluster in the Milky Way Triggered by Cloud-Cloud Collision", *ApJ*, 820, 26, 2016, 10.3847/0004-637X/820/1/26, 査読あり
- ⑰ Galametz, M., Hony, S., Albrecht, M., Galliano, F., Cormier, D., Leboutteiller, V., Lee, M. Y., Madden, S. C., Bolatto, A., Bot, C., Hughes, A., Israel, F., Meixner, M., Oliviera, J. M., Paradis, D., Pellegrini, E., Roman-Duval, J., Rubio, M., Sewilo, M., Fukui, Y., Kawamura, A., and Onishi, T., "The dust properties and physical conditions of the interstellar medium in the LMC massive star-forming complex N11", *MNRAS*, 456, 1767, 2016, 10.1093/mnras/stv2773, 査読あり

- ⑱ Tóth, L. V., Zahorecz, S., Marton, G., Doi, Y., Onishi, T., and Tokuda, K., "Star formation in Taurus Auriga Perseus and California nebulae",IAUS, 315, E75, 2016, 10.1017/S1743921316008371, 査読無し
- ⑲ Onishi, T., Nishimura, A., Tokuda, K., Harada, R., Dobashi, K., Shimoikura, T., Kimura, K., and Ogawa, H., "Large-Scale Molecular Gas Survey in  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$  and  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J = 2-1$ ) with the Osaka 1.85m mm-submm Telescope",IAUS, 315, E62, 2016, 10.1017/S1743921316008243, 査読無し
- ⑳ Harada, R., Onishi, T., Hughes, A., Meixner, M., Sewilo, M., Indebetouw, R., Nayak, O., Tokuda, K., Morioka, Y., Fukui, Y., Kawamura, A., Wong, T., and Bernard, J.-P., "Investigating formation of isolated intermediate/massive YSOs in the LMC",IAUS, 315, E32, 2016, 10.1017/S1743921316007936, 査読無し
- ㉑ Fukui, Y., Harada, R., Tokuda, K., Morioka, Y., Onishi, T., Torii, K., Ohama, A., Hattori, Y., Nayak, O., Meixner, M., Sewilo, M., Indebetouw, R., Kawamura, A., Saigo, K., Yamamoto, H., Tachihara, K., Minamidani, T., Inoue, T., Madden, S., Galametz, M., Lebouteiller, V., Mizuno, N., and Chen, C.-H. R., "High-mass Star Formation Triggered by Collision between CO Filaments in N159 West in the Large Magellanic Cloud",ApJ, 807, L4, 2015, 10.1088/2041-8205/807/1/L4, 査読あり
- ㉒ Torii, K., Hasegawa, K., Hattori, Y., Sano, H., Ohama, A., Yamamoto, H., Tachihara, K., Soga, S., Shimizu, S., Okuda, T., Mizuno, N., Onishi, T., Mizuno, A., and Fukui, Y., "Cloud-Cloud Collision as a Trigger of the High-mass Star Formation: a Molecular Line Study in RCW120",ApJ, 806, 7, 2015, 10.1088/0004-637X/806/1/7, 査読あり
- ㉓ Frau, P., Girart, J. M., Alves, F. O., Franco, G. A. P., Onishi, T., and Román-Zúñiga, C. G., "Formation of dense structures induced by filament collisions. Correlation of density, kinematics, and magnetic field in the Pipe nebula",A&A, 574, L6, 2015, 10.1051/0004-6361/201425234, 査読あり
- ㉔ Nishimura, A., Tokuda, K., Kimura, K., Muraoka, K., Maezawa, H., Ogawa, H., Dobashi, K., Shimoikura, T., Mizuno, A., Fukui, Y., and Onishi, T., "Revealing the Physical Properties of Molecular Gas in Orion with a Large-scale Survey in  $J = 2-1$  Lines of  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ , and  $\text{C}^{18}\text{O}$ ",ApJS, 216, 18, 2015, 10.1088/0067-0049/216/1/18, 査読あり
- ㉕ Fukui, Y., Torii, K., Onishi, T., Yamamoto, H., Okamoto, R., Hayakawa, T., Tachihara, K., and Sano, H., "Optically Thick H I Dominant in the Local Interstellar Medium: An Alternative Interpretation to "Dark Gas"",ApJ, 798, 6, 2015, 10.1088/0004-637X/798/1/6, 査読あり
- ㉖ Fujii, K., Minamidani, T., Mizuno, N., Onishi, T., Kawamura, A., Muller, E., Dawson, J., Tatematsu, K., Hasegawa, T., Tosaki, T., Miura, R. E., Muraoka, K., Sakai, T., Tsukagoshi, T., Tanaka, K., Ezawa, H., and Fukui, Y., "Dense Molecular Clumps Associated with the Large Magellanic Cloud Supergiant Shells LMC 4 and LMC 5",ApJ, 796, 123, 2014, 10.1088/0004-637X/796/2/123, 査読あり
- ㉗ Nakamura, F., Sugitani, K., Tanaka, T., Nishitani, H., Dobashi, K., Shimoikura, T., Shimajiri, Y., Kawabe, R., Yonekura, Y., Mizuno, I., Kimura, K., Tokuda, K., Kozu, M., Okada, N., Hasegawa, Y., Ogawa, H., Kamenno, S., Shinnaga, H., Momose, M., Nakajima, T., Onishi, T., Maezawa, H., Hirota, T., Takano, S., Iono, D., Kuno, N., and Yamamoto, S., "Cluster Formation Triggered by Filament Collisions in Serpens South",ApJ, 791, L23, 2014, 10.1088/2041-8205/791/2/L23, 査読あり
- [学会発表] (計 21 件)
- ①上田翔汰, 大西利和, 「1.85m 電波望遠鏡による広帯域観測のための新受信機システム開発」, 日本天文学会 2018 年春季年会, 千葉大学, 2018/3/14-17
- ②大西利和, 「大小マゼラン雲におけるミリ波・サブミリ波観測の現状」, 日本天文学会 2018 年春季年会, 千葉大学, 2018/3/14-17, 基調講演
- ③上田翔汰, 大西利和, 「1.85m 電波望遠鏡による広帯域観測のための新受信機開発」, 日本天文学会 2017 年秋季年会, 北海道大学, 2017/9/11-13
- ④大西利和, 「ALMA を用いた LMC/SMC 観測 Summary」, 大小マゼラン雲における大質量星・星団形成, I-site なんば, 2017/7/26-27
- ⑤大西利和, 「天の川銀河、マゼラン雲における分子雲研究」, ALMA Workshop "近傍銀河 M83 2017", 国立天文台三鷹, 2017/2/20-21, 招待講演
- ⑥T. Onishi, "Science Review of Nearby Galaxy and Star Formation", ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2016, NAOJ, 2016/12/19-20, 招待講演
- ⑦大西利和, 「1.85m 電波望遠鏡プロジェクトの開発進捗 (IX)」, 日本天文学会 2016 年秋

季年会, 愛媛大学, 2016/9/14-16

⑧ T. Onishi, "Physical properties and evolution of Giant Molecular Clouds in the Magellanic Clouds", Star Formation in Different Environments, ICISE, Quy Nhon, Vietnam, 25-29 July 2016, Review Talk

⑨ 大西利和, 天の川銀河、マゼラン雲における分子雲研究, ALMA Workshop "近傍銀河 M83 2017", 国立天文台三鷹, 2017/2/20-21

⑩ T. Onishi, "High-mass star formation in the LMC as seen by ALMA", "East Asian ALMA Science Workshop 2015", December 8-11, 2015, I-site Namba, Osaka

⑪ T. Onishi, "Star Formation in the LMC: Tracing an Evolution from Molecular Clouds to High-Mass Stars", "Feedback in the Magellanic Clouds", October 5-7, 2015, STScI, USA

⑫ 徳田一起, 大西利和他, 「大阪府立大学 1.85m 電波望遠鏡による銀河系内分子雲の広域観測:2014 年度進捗」, 日本天文学会 2015 年秋季年会, 甲南大学, 2015/9/9-11

⑬ T. Onishi, "Physical properties and evolution of GMCs in the Galaxy and the Magellanic Clouds", "IAUS 316: Formation, Evolution, and Survival of Massive Star Clusters", August 11-14, 2015, Hawaii Convention Center, USA、招待

⑭ T. Onishi, "Star Formation in the Large Magellanic Cloud: Tracing an Evolution of Giant Molecular Clouds", "NRO-ALMA Science/Development Workshop 2015", July 28-30, 2015, NRO, Japan

⑮ T. Onishi, "Star Formation in the Large Magellanic Cloud As Seen by ALMA: Tracing an Evolution from Molecular Clouds to high-mass stars", "Star Formation 2015: From Clouds to Cores", June 29- July 1, 2015, NAOJ, Japan

⑯ T. Onishi, "Star Formation in the Large Magellanic Cloud: Tracing an Evolution of Giant Molecular Clouds", in "Dissecting Galaxies Near & Far" ESO workshop in Santiago, 23-27 March 2015, Invited talk

⑰ T. Onishi, "1.85m telescope: Extensive Surveys in J=2-1 CO lines", in 15th Workshop on Submillimeter-Wave Receiver Technologies in Eastern Asia, Aquavilla Isa-Shima, Japan, 2014/12/15-17, Invited talk

⑱ T. Onishi, "Star Formation in the Large Magellanic Cloud: Tracing an Evolution of Giant Molecular Clouds", in "Star Formation Across

Space and Time" at ESA-ESTEC, Noordwijk, 11-14 November 2014, Invited talk

⑲ 大西利和, 「銀河系内天体に関する review」, ALMA/ASTE/MOPRA User's meeting, 国立天文台三鷹, 2014/10/27-29、基調講演

⑳ 大西利和, 「巨大分子雲から星形成へ: 広域分子雲探査と ALMA を繋ぐ」, 研究会「惑星から大質量星の形成までを俯瞰する」, 名古屋大学 ES 総合館、2014/10/1-2、招待講演

㉑ 大西利和, 「星間水素の高精度な定量による天文学の展開」, 日本天文学会 2014 年秋期年会, 山形大学, 2014/9/11-13, 基調講演

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大西 利和 (ONISHI, Toshikazu)  
大阪府立大学・大学院理学系研究科・教授  
研究者番号: 30314058

### (2) 連携研究者

村岡 和幸 (MURAOKA, Kazuyuki)  
大阪府立大学・大学院理学系研究科・准教授  
研究者番号: 40571287

小川 英夫 (OGAWA, Hideo)  
大阪府立大学・大学院理学系研究科・客員教授  
研究者番号: 20022717

前澤 裕之 (MAEZAWA, Hiroyuki)  
大阪府立大学・大学院理学系研究科・准教授  
研究者番号: 00377780

木村 公洋 (KIMURA, Kimihiro)  
大阪府立大学・大学院理学系研究科・非常勤研究員  
研究者番号: 10565328

壽崎 智佳 (TOSAKI, Tomoka)  
上越教育大学・学校教育研究科・教授  
研究者番号: 40356126

渡邊 祥正 (WATANABE, Yoshimasa)  
筑波大学・数理物質系物理学域・助教  
研究者番号: 20586929

土橋 一仁 (DOBASHI, Kazuhito)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号: 20237176

河村 晶子 (KAWAMURA, Akiko)  
国立天文台・チリ観測所・特任准教授  
研究者番号: 30377931